心理学报　2021, Vol. 53, No. 6, 639−650
Acta Psychologica Sinica

https://doi.org/10.3724/SP.J.1041.2021.00639

网络游戏中化身参照的加工优势：来自行为与 ERPs 的证据*

曹　敏 [1†]　谢和平 [2†]　孙丽君 [3]　张冬静 [4]　孔繁昌 [1]　周宗奎 [1]

([1] 青少年网络心理与行为教育部重点实验室暨华中师范大学心理学院，武汉　430079)
([2] 南京师范大学心理学院，南京　210097) ([3] 新乡医学院心理学院，河南　新乡　453003)
([4] 华中科技大学马克思主义学院，武汉　430074)

摘　要　采用 R/K 范式和事件相关电位技术(ERPs)分别从加工结果和加工过程考察网络游戏中化身参照的加工优势。实验 1 采用 R/K 范式比较 40 名玩家在不同参照条件下的记忆成绩。结果发现：化身参照的总再认正确率、R 反应再认正确率和辨别力 *d'*都显著优于他人参照，初步证实化身参照的记忆加工优势。实验 2 借助 ERPs 内隐地考察网络游戏中 20 名玩家的化身参照在加工时间进程上的神经机制。结果发现：加工化身名字比熟悉他人名字诱发更大的 P2 (160~260 ms)和 P3 (370~600 ms)波幅，比外国熟悉他人名字的 P3 潜伏期更短。结果表明，相比较其他信息，玩家不仅能够迅速注意到化身相关信息，还对化身相关信息进行了更加精细和深入地加工。综上所述，无论是记忆结果还是加工时间进程，都存在网络游戏中的化身参照加工优势。

关键词　网络游戏，化身参照，加工优势，ERPs
分类号　B849: C91

1　引言

在互联网日益发达的时代背景下，网络游戏已经成为人们进行社交和娱乐的重要平台。根据第 46 次中国互联网络发展状况统计报告，截至 2020 年 6 月，我国网络游戏用户规模达到 5.40 亿，较 2020 年 3 月增加 805 万，占整体网民的 57.4% (中国互联网络信息中心, 2020)。其中游戏化身被认为是网络游戏的核心因素之一(魏华　等，2014)，因为玩家一旦进入网络游戏的世界，化身便成为其开展各项行为动作、实现目标以及与其它玩家进行互动的唯一媒介(Mancini et al., 2019)。从狭义上看，网络游戏化身就是指玩家在视频游戏中的角色模型，具有可调整、能运动的具体形象(Yee et al., 2009)；从广义上来看，网络游戏化身就是指个体在虚拟世界中可以实时看到并主动操控的数字化自我呈现方式。化身参照(avatar-reference)则是指在探究化身的加工优势时将呈现的语词等材料与化身联系在一起进行认知加工，一般都会设置他人参照作为对照组(Ganesh et al., 2012)。由于网络虚拟环境的匿名性、便捷性和可操控性，个体越来越多地在网络环境中进行有选择性和策略性的自我呈现(Fullwood et al., 2016)。

在网络游戏中，玩家不仅可以主动操控化身，还能够根据个人审美创建化身的具体形象(Dunn & Guadagno, 2012; Peña et al., 2009)。每个化身都拥有玩家特制的姓名和形象，这种化身定制功能与可操控性使得玩家的某些自我需求(如自尊和自我效能感)在游戏中得到满足(Sibilla & Mancini, 2018)。通过化身与其它玩家进行互动的时候，玩家经常用

收稿日期: 2020-05-21
* 全国文化名家暨“四个一批”人才工程项目：青少年的网络社会交往和中国基础教育质量监测协同创新中心重大成果培育项目(2019-04-003-BZPK01)资助。
† 曹敏和谢和平为共同第一作者。
通信作者：周宗奎, E-mail: zhouzk@mail.ccnu.edu.cn

“我”作为主语来表达自己在游戏中体验到的情绪和感受。化身−自我关联性模型认为游戏中的玩家不仅仅作为观看者，还能够定制化身形象和控制化身行为，这拉近了化身与自我之间的距离，也使得化身与自我之间的联系更加紧密(Ratan & Dawson, 2016)。

自我扩展理论认为将他人纳入自我是人们社会化的核心动机之一(Aron & Aron, 2010)。如今，互联网逐渐渗透人们的生活，网络游戏化身可以看作是个体在网络环境中的自我扩展对象。以往研究对多种与自我相关的信息(如面孔、人名、人格特征词等)的研究结果均发现自我相关信息在记忆加工方面成绩要好于非自我相关信息，具体表现为在记忆测验中用时更短，正确率更高(Caudek, 2014; Klein, 2012)。现实生活中与自我紧密相关的亲密他人(父母、朋友、恋人等)参照均表现出了和自我参照类似的加工优势(周丽，苏彦捷, 2008; Sui et al., 2007)。网络游戏化身作为虚拟自我相关信息也在多方面与现实自我产生联结，对现实自我的认知和行为产生影响(Green & Bavelier, 2015; Yee et al., 2009)，因此也可能具有和现实自我扩展对象一致的加工优势。

精细加工理论认为加工一个单词需要在记忆中形成该单词与外界材料的多重联系。记忆化身时就须将化身与其姓名和形象建立联结，从而为提取化身相关记忆提供更多途径(Wisco, 2009)；组织加工理论则认为记忆单词时可以通过组织化加工增强材料之间的语义联系，从而为提取信息提供多条途径(Klein, 2012)，如两个化身都产生于同一个游戏，具有一些类似的主要特征。根据精细加工理论和组织加工理论，网络游戏中玩家会自动对化身相关信息进行精细化和组织化加工，形成关于化身的图式，一旦与该化身相关的信息被激活，记忆网络中与之匹配的信息就会建立连接，从而提升记忆效果。记忆成绩依赖于现有图式的丰富性，当某一参照对象与自我具有高度亲密的关系时，个体对该参照对象的记忆表征便会更加精细和丰富，因此表现出记忆加工优势(刘新明，朱滢, 2002)。综上所述，实验 1 假设：相比较他人参照条件，化身和自我参照具有更好的记忆加工成绩，即化身参照和自我参照均具有记忆加工优势。

自我相关信息不仅具有记忆加工优势，以往研究还发现高自我相关信息能够更大程度地激活大脑的 P2、N2 和 P3 成分，能够诱发更大的波幅(范伟 等, 2016; Fan et al., 2011)，这表明大脑对高自我相关信息进行了更加精细和深入地加工。其中，P2 成分体现出对刺激的快速侦察(钟毅平 等, 2014)，与个体的早期注意加工有关(Doallo et al., 2007)。研究发现高自我相关的刺激能够激发更大的P2波幅(Muñoz & Martín-Loeches, 2015)，证实了高自我相关刺激能够快速吸引大脑的注意。P3 成分则与大脑的注意资源分配和记忆加工存在密切联系(肖英霞, 2015)。研究者通过多任务范式研究发现 P3 确实代表了注意资源在任务之间的分配，反映了大脑对资源的中央调控功能(Huang et al., 2015; Nash & Fernandez, 1996)，而对个体具有重要作用的自我相关信息也被证实能够调控高级认知加工过程(刘明慧 等, 2014)。除此之外，记忆的不同加工阶段，如编码、存储和提取阶段都发现了 P3 成分(Liu et al., 2017; Wiswede et al., 2007)。因此，P3 的波幅降低与注意资源分配较少以及记忆加工比较有限有关。Chen 等人(2011)也发现高自我相关程度的刺激能够激发更大的 P3 波幅。除了 P2 和 P3 成分以外，N2 成分也被认为是与自我相关刺激加工高度相关的大脑成分(Chen et al., 2012; Zhao et al., 2011)。有研究者认为，其实大脑早在自我参照刺激呈现后的 200 ms 左右就对其进行加工了(Fan et al., 2011)，即在 N2 阶段有可能就已经出现了自我参照效应，只是大脑在 P300 阶段可能会对自我相关刺激进行更加精细的加工。因为对于个体而言，加工高自我相关的信息具有更大的生理和社会意义，所以高自我相关的信息能够引起个体更多的注意，从而得到大脑更快更精细地加工(Fan et al., 2011)。化身作为网络游戏中与自我紧密相关的信息也可能存在着优于其它参照条件的认知神经加工机制，目前已有少量研究关注了化身参照的认知神经加工机制。荷兰研究者采用 fMRI 考察了与化身参照相关的脑区，结果发现相比较熟悉他人，加工化身相关的信息时大脑的左下顶叶皮层活动明显增强，这是一个从第三视角进行自我认同的区域，该区域的激活说明个体一定程度上将化身纳入了自我并从第三视角对化身进行识别和加工(Ganesh et al., 2012)。韩国也有研究者以虚拟的自我图像作为化身图像，采用 EEG 证实了被试对自我相关图像(包括自我图像和化身图像)投入了更多的关注度(Seo et al., 2017)。综上所述，实验 2 假设：相比较他人参照条件，网络游戏化身能够诱发更大的 P2、N2 和 P3 波幅，在加工时间进程指标上也同样具有

加工优势。

以往研究从理论层面整理了虚拟化身以及虚拟自我与现实自我之间的联系，并且提出了化身−自我关联性(Ratan & Dawson, 2016)等理论模型，但缺乏实证研究来探讨化身与个体之间的关系。虽然以往研究也探讨了许多网络世界中与自我紧密相关的信息的记忆加工优势，比如网名、头像等虚拟自我呈现方式(杨红升 等, 2012; Seo et al., 2017)。但是与其它自我呈现方式相比，网络游戏中的化身更加具象化，具有更强的可操控性和临场感(Sibilla & Mancini, 2018)，与现实自我的联系和互动也更加紧密。化身作为网络环境中的一种特殊自我呈现方式和网络游戏中的重要载体及操控对象，已经得到了很多研究者的关注，但目前为止尚未有研究者从认知加工的角度考察网络游戏中的化身参照可能存在的加工优势。本研究通过两项实验区分了加工结果和加工时间进程两个结果指标，原因有二：一是因为以往研究也发现自我相关信息不仅表现出了在加工结果上的优势(高虹 等, 2018; Rogers et al., 1977)，还表现出了在加工时程上的优势 (Chen et al., 2011; Jiang et al., 2016)；二是因为记忆效果只能体现出个体对信息的加工结果，是一种事后的指标；而脑电成分是个体对信息的加工过程的体现，是一种即时的指标。综合考察加工结果和加工过程上的优势不仅能够帮助直观地确认化身参照是否具有和现实自我相关信息一致的加工优势，还能帮助我们更好地理解个体是如何对化身进行加工。综上所述，本研究将通过行为实验和 ERPs 分别从加工结果和加工时间进程两个方面考察网络游戏中的化身作为参照条件是否存在加工优势。

2　实验 1：网络游戏中化身参照加工的记忆优势

本实验以名字为实验材料，通过 R/K 范式比较被试在不同参照条件下(化身名字、自己名字和他人名字)的记忆加工成绩来判断网络游戏中的化身是否存在加工优势。研究预期：相比较他人参照条件，化身和自我参照具有更好的记忆加工成绩，即自我参照和化身参照均具有加工优势。

2.1　方法

2.1.1　被试

实验 1 招募了 40 名《英雄联盟》游戏玩家(34 名男生, 6 名女生)，平均年龄为 20.6 岁(SD = 2.71)。为保证玩家对该游戏及最熟悉化身具有一定经验，所有玩家的游戏总场次均超过 250 场。此外，被试平均游戏年资为 4.68 年(SD = 0.89)；每次玩游戏的时长平均为 3.48 小时(SD = 2.12)。所有被试均为右利手，双眼视力或矫正视力正常，无神经或精神疾病史，此前未参加过类似实验，实验结束后均获得一定报酬。

2.1.2　设计

采用的是单因素(三种参照加工任务：熟悉化身的名字、自己的名字、熟悉他人(鲁迅)的名字)被试内设计，因变量为不同参照加工任务的总再认正确率、R/K 反应判断正确率和辨别力 d'。

2.1.3　材料

选取 100 个人格形容词(取自刘源(1990)编制的《现代汉语常用词词频词典》)作为实验材料，包含 50 个褒义词和 50 个贬义词。其中 48 个词被平均分配到化身、自我、鲁迅 3 种参照条件下，作为“旧词”出现在学习阶段；另外 48 词作为“新词”出现在再认阶段，剩余 4 词用于练习。在正式实验开始之前，21 名同学(不参加正式实验)对这 100 个人格形容词的熟悉度、愉悦度、唤醒度进行了 1~9 点评估，之后将词语分配到各参照条件下。方差分析结果发现：三种参照条件下的词语在熟悉度[$F(2, 45) = 1.33, p = 0.274$]、愉悦度[$F(2, 45) = 0.66, p = 0.521$]和唤醒度[$F(2, 45) = 0.21, p = 0.809$]上均不存在显著的差异。词频是从《现代汉语常用词词频词典》中提取(刘源, 1990)，方差分析结果发现三组词语在词频[$F(2, 45) = 1.01, p = 0.371$]上不存在显著差异。除此之外，三组词语也不存在显著的褒贬差异[$F(2, 45) = 0.98, p = 0.384$]和笔画差异[$F(2, 45) = 0.76, p = 0.621$]，从而平衡了各参照条件之间词频、笔画、愉悦度、唤醒度、熟悉度和褒贬义的差异。

2.1.4　程序

研究采用的是 R/K 范式。R/K 范式是研究自我相关记忆的经典范式，该范式一般分为学习阶段、干扰阶段和测验阶段三个阶段。

学习阶段：屏幕中央首先会呈现一个“+”注视点 500 ms，然后随机呈现目标词和判断任务，如“化身名字　勇猛”：请评价刚刚呈现的这个形容词能够在多大程度上描述化身/自己/鲁迅，进行 1~5 级评判，判断时间为 4000 ms，然后呈现 500 ms 的空屏，被试通过练习阶段熟悉规则后开始正式学习。干扰阶段：进行 4 分钟左右的加减法计算，以保证被试在间隔期间不对评估项目进行复述。测验

阶段：在电脑屏幕中央呈现"＋"注视点 500 ms。注视点消失后随机呈现一个人格特质词(48 个"旧词"和 48 个"新词")，要求被试判断是否出现过，认为出现过的词按"F"键，没有出现过的词按"J"键。如果被试认为这个词在评价过程中曾出现过(做 F 按键反应)，则需要进一步进行 R/K 判断。如果被试不但确认见过这个词，还能回忆出这个词呈现时的具体细节，就按"G"键；如果被试虽然确认见过这个词，但不能回忆出该词出现时的具体细节，就按"H"键。其中，能回忆细节的称 R (remember)反应；不能回忆细节的为 K (know)反应。被试需要在 4000 ms 内做出反应，最后呈现 1000 ms 的空屏(详见图 1)。

2.2 结果

选择反应时高于 100 ms 且在反应时平均值±3 *SD* 以内的 trial 数据进行初步分析，结果发现：再认正确率和辨别力 *d'*都不存在性别差异，因此在后续的分析中都没有包含性别(Bennett et al., 2010)。

2.2.1 总再认正确率

采用重复测量方差分析实验数据，方差分析的 *p* 值采用 Greenhouse-Geisser 法校正(下同)。结果表明(详见表 1)，不同参照条件的加工成绩在总再认正确率上存在显著差异，$F(2, 78) = 19.84$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.34$。事后检验(Bonferroni 矫正，下同)发现熟悉化身的总再认正确率要显著高于熟悉他人($p < 0.001$)；自我参照条件的总再认正确率要显著高于熟悉化身($p = 0.007$)和熟悉他人($p = 0.027$)。

2.2.2 R/K 反应再认正确率

不同于传统的再认范式，R/K 范式中的 R 反应能够指向被试真正清楚记得并能够回忆细节的这些项目，K 反应则是基于一种"知道感"，不用回忆细节。相比较 K 反应，R 反应在记忆加工成绩方面的敏感性要更强(杨红升，朱滢, 2004)。本研究对 R 反应和 K 反应的再认正确率进行重复测量方差分析(详见表 1)，结果发现参照条件在 R 反应再认正确率上的主效应也显著，$F(2, 78) = 17.17$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.31$。事后比较发现熟悉化身参照条件的 R 反应再认正确率要显著高于熟悉他人参照($p < 0.001$)，与自我参照条件下的 R 反应再认正确率差异不显著($p = 0.072$)；自我参照的 R 反应再认正确率要显著高于熟悉他人参照($p = 0.001$)。但是网络游戏中的化身参照记忆加工优势并没有体现在 K 反应判断指标上，$F(2, 78) = 1.54$, $p = 0.221$, $\eta_p^2 = 0.04$。

2.2.3 辨别力 *d'*

辨别力 *d'*是根据击中率和虚报率计算得出的，能够反映个体旧词再认和新词虚报的整合成绩(Sui & Humphreys, 2017)。重复测量方差分析结果发现参照条件在辨别力 *d'*上的主效应显著(详见表 1)，

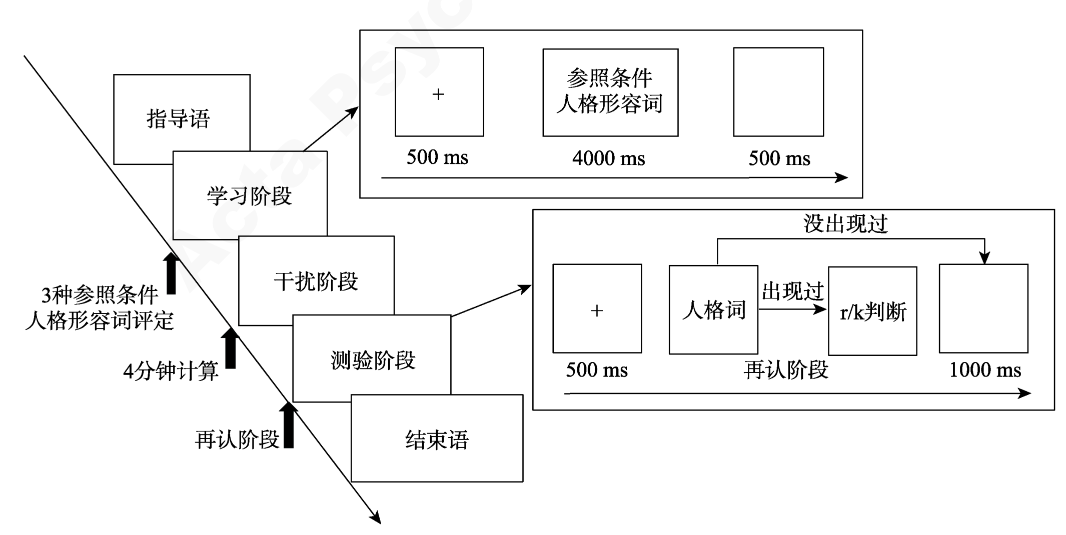


图 1 实验 1 流程图

表 1 各因变量指标($N = 40$)

参照条件	总再认正确率		R 反应判断正确率		K 反应判断正确率		辨别力 *d'*	
	M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
化身参照	0.56	0.03	0.40	0.19	0.15	0.13	0.83	0.54
自我参照	0.65	0.03	0.46	0.19	0.19	0.12	1.17	0.84
他人参照	0.49	0.02	0.33	0.16	0.16	0.13	0.65	0.41

$F(2, 78) = 12.96$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.25$。事后比较发现化身参照条件的辨别力 d'要显著高于他人参照($p < 0.001$); 自我参照条件的辨别力 d'要显著高于化身参照条件($p = 0.021$)和他人参照条件($p = 0.020$)。

2.3 讨论

实验 1 的结果发现, 化身参照和自我参照在总再认正确率、R 反应判断正确率和辨别力 d'上均表现出了优于他人参照的记忆加工成绩, 具有加工优势。虽然化身参照的效应不如自我参照效应强, 但是这一结果也在一定程度上验证了化身作为虚拟网络环境中与自我紧密相关的信息具有优于其它信息的记忆加工优势。这一结果与以往关于虚拟自我参照效应的研究结论一致, 陈莉和陈美荣(2017)采用加工深度范式和随意编码范式证实了虚拟环境中的网名作为虚拟自我相关信息也具有记忆加工优势。网络游戏化身参照的加工优势还可以用自动化模型(Bargh & Chartrand, 2000)来解释。因为化身作为虚拟环境中一种特殊的自我呈现方式, 不仅具有更加具体的形象, 还具有可操控性(衡书鹏　等, 2017; Yee & Bailenson, 2007), 玩家在与之互动的过程中已经形成与化身相关的图式和刻板印象, 所以化身线索一旦被激活, 便能迅速吸引玩家注意。化身在加工结果上体现出来的优势很可能是因为玩家对其进行了更加精细和深入的加工(Fan et al., 2016)。

虽然实验 1 在一定程度上验证了化身参照具有记忆加工优势, 但是记忆加工成绩只能反映化身相关信息在加工结果上的优势, 而导致这种记忆加工结果优势的原因可能是因为其加工过程存在差异。以往研究也发现自我相关信息不仅表现出了在加工结果上的优势(高虹　等, 2018; Rogers et al., 1977), 还表现出了在加工时程上的优势(Chen et al., 2011; Jiang et al., 2016)。具体表现为, 高自我相关的刺激比其他刺激诱发了更大的 P2、N2 和 P3 波幅(范伟　等, 2016)。实验 1 主要采用的是再认正确率和辨别力等记忆指标, 是检验被试进行信息加工之后再次被呈现该信息时的保持效果的量度。但是这一记忆加工成绩不能反映个体是如何对呈现的信息进行加工的。基于此, 实验 2 拟采用时间分辨率较高的 ERPs 技术探讨化身参照在认知加工过程中相比较他人参照条件的加工时程特点, 进一步验证网络游戏化身在认知加工过程中的优势。

3 实验 2: 化身参照加工在时间进程上的神经机制

本实验同样以名字作为实验材料, 通过 Oddball 范式比较被试在不同参照条件下(化身名字、本国熟悉他人名字和外国熟悉他人名字)引发的加工时间进程指标(P2、N2、P3)平均波幅和潜伏期的差异。因为化身参照加工优势的对照组别是他人参照而非自我参照, 即化身参照加工优势表现为实验中的加工材料与化身相联系时的加工效果要优于他人参照条件。而且实验 1 已经在一定程度上证实了网络游戏中的化身参照和自我参照均表现出了优于他人参照的记忆加工成绩, 只是化身参照效应没有自我参照效应强。因此, 实验 2 重点比较了化身参照和他人参照。由于本实验选用的网络游戏载体为《英雄联盟》, 该游戏中的化身名字都是汉译的英文名字, 而西方语言的特点与汉语差异较大, 汉字多具有音、形、义相结合的特点, 形音义的加工还具有时间进程上的差异(陈宝国, 彭聃龄, 2001)。因此为避免由于语词结构造成的干扰, 实验 2 加入了外国熟悉他人这一参照条件。研究预期: 相比较他人参照条件, 网络游戏化身能够诱发更大的 P2、N2 和 P3 波幅和更短的潜伏期, 在加工时间进程指标上也同样具有加工优势。

3.1 方法

3.1.1 被试

实验 2 招募了 21 名《英雄联盟》游戏玩家。所有玩家的游戏总场次均超过 250 场, 并且最熟悉化身使用时长在 1 年以上。因脑电伪迹严重等数据质量问题, 剔除 1 名被试。因此有效被试 20 名(17 名男生, 3 名女生), 平均年龄为 20.75 岁($SD = 2.73$)。所有被试均为右利手, 双眼视力或矫正视力正常, 无神经或精神疾病史, 此前未参加过类似实验。

3.1.2 设计

采用单因素被试内设计, 自变量为参照条件(熟悉化身名字、本国熟悉他人名字、外国熟悉他人名字), 因变量为 P2、N2、P3 平均波幅和潜伏期等 ERPs 数据指标。

3.1.3 材料

实验 2 采用的是经典的三类刺激 Oddball 范式, Oddball 范式的实验过程是随机向被试呈现三类不同的刺激, 即标准刺激、目标刺激和偏差刺激, 其中标准刺激出现的概率要远远大于目标刺激和偏差刺激。在实验过程中被试只需要执行一些无关任

务，而对三种偏差刺激(三种不同的参照条件)的加工是一种“非主动”的无意识、自动化的加工(丁小斌 等, 2020)。在本实验中，标准刺激设置为三字短语“红绿蓝”，呈现 760 次，占总 trial 数的 76%；目标刺激设置为三个汉字“的地得”，呈现 60 次，仅占总 trial 数的 6%；偏差刺激分别为熟悉化身、本国熟悉他人(本国某领导人)和外国熟悉他人(美国某领导人)三种对象的名字，分别占总 trial 数的 6%。被试只对目标刺激进行反应，不对标准刺激和偏差刺激反应(Snyder & Hillyard, 1976)，但是实验 2 的数据分析部分只关注三种偏差刺激呈现后的脑电数据。

3.1.4 程序

被试进入实验室阅读和签署“被试知情同意书”，做好 EEG 数据采集前的各项准备工作，然后戴好电极帽单独坐在灯光柔和的隔音实验室里。眼睛距离电脑屏幕约 70 cm。正式实验前，被试须填写一份基本信息调查问卷。

正式实验程序采用 E-Prime 2.0 编写。实验分为 8 个 block，各含 125 个 trial，共 1000 个 trial。刺激呈现在屏幕正中央，黑底白字，50 号 Courier New 字体。对于每一个 trial，首先呈现一个 200 ms 的“+”注视点提醒注意，接着随机呈现 500~1000 ms 的黑屏，然后随机呈现 500 ms 的几种实验刺激之一，最后呈现 1000 ms 的黑屏。被试的任务是认真观看刺激材料，当出现目标刺激“的地得”时既快又准地用右手食指按下“J”键，而对于其它刺激则无需任何反应。block 之间设置时间进行休息，休息完后继续开始下一个 block。详细流程见图 2。

正式实验完成后，要求被试继续填写《将他人纳入自我量表》以测量自我与他人的亲密度(Aron et al., 1992)，然后评定对不同名字的熟悉度。实验结束后给予一定报酬。

3.1.5 脑电记录与分析

采用德国 Brain Products 公司的 ERP 记录分析系统，使用国际 10-20 系统扩展的 64 导电极帽记录被试 EEG。电极阻抗低于 5 kΩ，采样率为 500 Hz/导。在线时以 FCz 点为参考电极，在线时右眼正下方安置电极记录垂直眼电，离线后选择 FT9 作为水平眼电。

离线数据采用 Brain Vision Analyzer 2.1 进行分析，仅仅关注偏差刺激呈现后的脑电数据。离线后转为双侧乳突进行平均参考，将滤波带通设置为 0.01~35 Hz 以去除噪音，利用 ICA 去除眼电，自动剔除波幅超过±100 μV 的伪迹，分段时间窗口为刺激呈现后 1000 ms，以刺激前 200 ms 为基线，叠加平均得到每个被试每个参照条件下的 EEG。根据本研究的总平均波形图特征，再结合已有研究(钟毅平 等, 2014；范伟 等, 2016)和本研究目的，选取 P2 (160~260 ms; F3, FC3, C3, Fz, FCz, Cz, F4, FC4, C4)、N2 (270~350 ms; F3, FC3, C3, Fz, FCz, Cz, F4, FC4, C4)和 P3 (370~600 ms; F3, FC3, C3, CP3, P3, Fz, FCz, Cz, CPz, Pz, F4, FC4, C4, CP4, P4)，对不同参照条件下的平均波幅和潜伏期进行重复测量方差分析。

3.2 结果

3.2.1 行为结果

实验后的主观评定数据分析发现，在自我−他人亲密度上，参照条件的主效应显著，$F(2, 38) = 10.35$, $p = 0.002$, $\eta_p^2 = 0.35$。事后比较发现，自我与熟悉化身的亲密度($M = 3.10 \pm 0.32$)高于自我与本国熟悉他人的亲密度($M = 1.65 \pm 0.22$, $p = 0.011$)以及自我与外国熟悉他人的亲密度($M = 1.45 \pm 0.31$, $p = 0.008$)，自我与本国熟悉他人的亲密度和自我与外国熟悉他人的亲密度不存在显著差异($p = 0.99$)。在名字熟悉度上，参照条件的主效应不显著，$F(2, 38) = 2.46$, $p = 0.099$, $\eta_p^2 = 0.12$。

3.2.2 脑电结果

参照条件的脑电结果主要发现了 P2 和 P3 成分，而在 N2 波幅和潜伏期上则没有发现参照条件的显著作用(详见图 3)。

在 P2 波幅上，重复测量方差分析发现，参照条件主效应显著，$F(2, 38) = 3.60$, $p = 0.038$, $\eta_p^2 =$

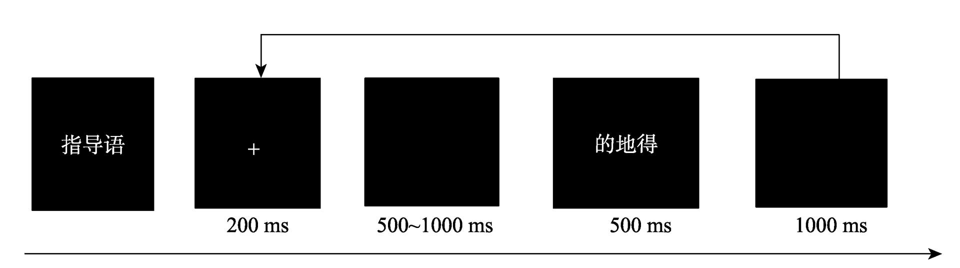


图 2 实验 2 流程图

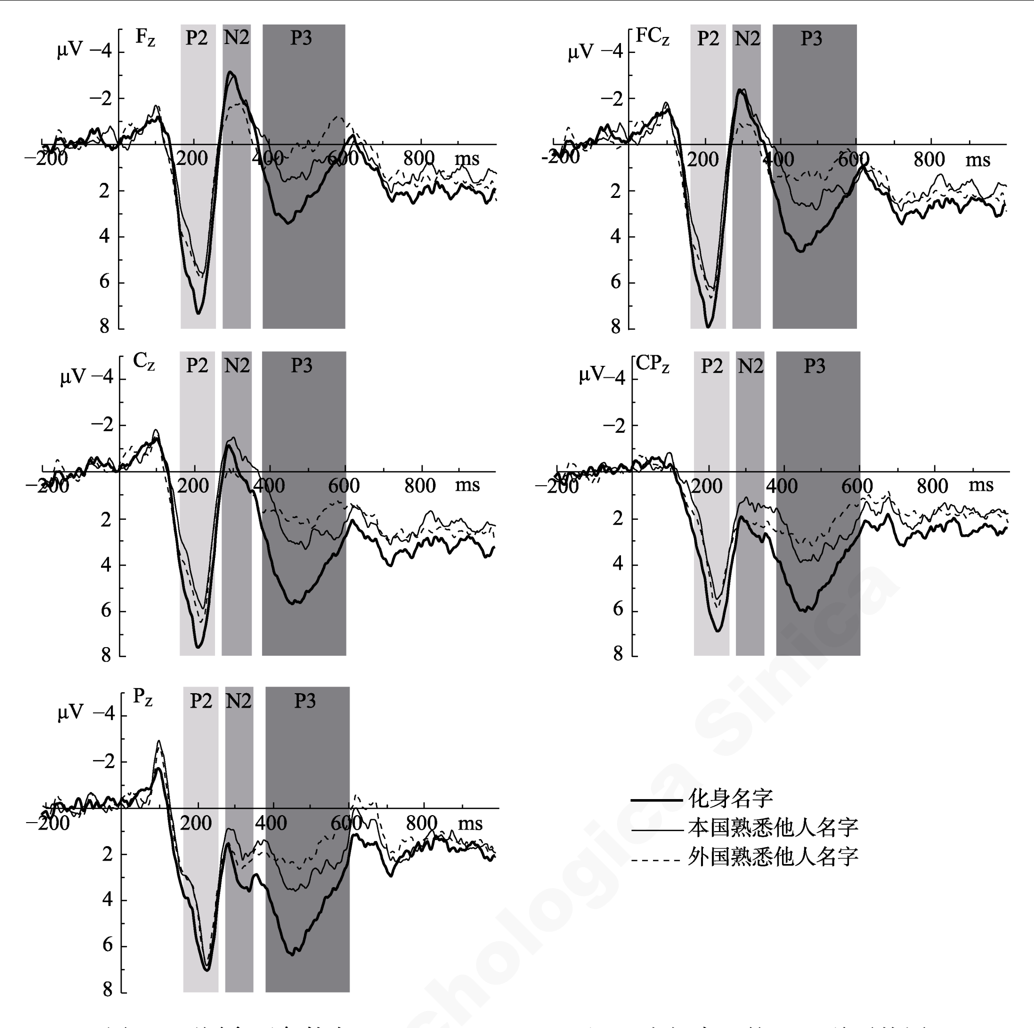


图 3　不同参照条件在 Fz、FCz、Cz、CPz 和 Pz 电极点上的 ERP 总平均图

0.16, 事后比较发现加工化身名字(M = 5.06 ± 0.72 μV)比外国熟悉他人名字(M = 3.59 ± 0.84 μV)诱发了更大的 P2 波幅(p = 0.038)。在 P2 潜伏期上, 参照条件主效应不显著, $F(2, 38) = 0.17$, $p = 0.832$, $\eta_p^2 = 0.01$。

在 P3 波幅上, 重复测量方差分析发现, 参照条件主效应显著, $F(2, 38) = 6.22$, $p = 0.010$, $\eta_p^2 = 0.25$, 事后比较发现加工化身名字(M = 3.17 ± 0.74 μV)比本国熟悉他人名字(M = 1.44 ± 0.52 μV, p = 0.043)和外国熟悉他人名字(M = 1.83 ± 0.63 μV, p = 0.016)诱发了更大的 P3 波幅。在 P3 潜伏期上, 参照条件主效应显著, $F(2, 38) = 3.71$, $p = 0.038$, $\eta_p^2 = 0.16$, 事后比较发现加工化身名字(M = 456.05 ± 6.97 ms)比外国熟悉他人名字(M = 485.48 ± 10.09 ms)的 P3 潜伏期更短(p = 0.078), 呈边缘显著。

3.3　讨论

本研究发现：就熟悉度而言, 网络游戏化身的名字与本国熟悉他人和外国熟悉他人的名字没有差异, 但是化身与自我的亲密度要显著高于本国熟悉他人和外国熟悉他人与自我的亲密度, 说明对游戏玩家而言, 化身与自我的关系更加亲密。ERPs 结果也表明相比较熟悉本国他人和外国他人的名字, 熟悉化身的名字能够诱发更大的 P2 波幅。除此之外, 研究还发现加工化身名字比本国和外国熟悉他人名字诱发更大的 P3 波幅, 并且潜伏期更短。实验 2 在实验 1 的基础上采用 ERPs 的相关指标证实了化身参照的加工过程优势, 表明化身参照不仅在加工结果(记忆成绩)上具有加工优势, 还在加工过程(加工时间进程指标)上具有优势。实验 1 单从再认成绩这一层面来考察个体对不同参照条件的记忆效果, 而实验 2 采用 ERPs 方法从时间进程方面反映出个体对网络游戏化身的精细加工阶段, 并从认知加工时间进程的角度揭示出这一认知活动的脑机制, 有利于我们进一步理解个体如何加工网络游戏化身。

4 总讨论

本研究采用 R/K 范式和 ERPs 技术从记忆和认知神经机制两个方面考察网络游戏中化身参照在加工过程和加工结果上是否存在优势，结果发现相比较熟悉他人，网络游戏中的化身确实存在着认知加工优势。这表明作为网络游戏中与自我联系最紧密的化身，不仅会表现出记忆层面的加工优势，还具有大脑认知加工的优先性，进一步证实了网络世界中的高自我相关信息加工优势的稳定性。

首先，实验 1 发现加工化身名字时的记忆成绩(包括总再认率、R 反应判断正确率和辨别力 d')要显著好于熟悉他人。因为化身作为虚拟环境中一种特殊的自我呈现方式，不仅具有更加具体的形象，还具有可操控性，网络游戏中的临场感还能够增强玩家的情感卷入程度(衡书鹏 等，2017; Yee & Bailenson, 2007)。这种高情感卷入能够拉近化身与自我之间的关系，使得化身成为虚拟环境中一种高自我相关的信息，而高自我相关的刺激相比较其它的刺激已被证明具有记忆加工优势(Klein, 2012)。本研究结果还为精细加工理论和组织加工理论提供了论据。化身作为个体在网络虚拟环境中的一种自我拓展，其形象、属性和行为模式已经形成了固定图式，因此当化身相关信息被激活时个体能够进行更精细化和有组织地加工(Bargh & Chartrand, 2000)，获得更好的记忆效果。本研究还发现虽然网络游戏中的化身存在参照加工优势，但是效应不及自我参照效应强。这是因为个体在虚拟环境中的自我呈现方式有很多种，如网名、头像等(陈莉, 2014)，虚拟化身只是其中重要又特殊的一种自我呈现，和网名和头像一样作为虚拟环境中的高度自我相关信息具有记忆加工优势。

ERPs 结果也表明相比较熟悉本国他人和外国他人的名字，熟悉化身的名字刺激能够诱发更大的 P2 波幅。这说明化身名字能够更迅速地引起大脑注意(Thorpe et al., 1996)。以往研究表明 P2 成分可能是对刺激特征的快速侦查，易使人敏感的刺激会得到更多的注意(Karayanidis & Michie, 1996)。高自我相关的名字能够激发更大的 P2 波幅这一结论已被证实，原因是高自我相关的信息能够更迅速得获得大脑的早期注意(范伟 等, 2016)。这可以用生物重要性来解释，因为高自我相关的信息对于个体的适应性作用更强，因此个体能够更快地注意到化身相关信息(Campanella et al., 2002)。根据自动化模型(Bargh & Chartrand, 2000)，玩家已经形成与化身相关的图式和刻板印象，所以化身线索一旦被启动，玩家的认知便会迅速识别。

研究还发现了很明显的 P3 成分，具体表现为加工化身名字比本国和外国熟悉他人名字诱发了更大的 P3 波幅，加工化身名字比外国熟悉他人名字的 P3 潜伏期更短。P3 成分通常被认为是人脑在晚期阶段对中枢控制加工的朝向反应(Yuan et al., 2007)，对比低自我相关的刺激，人脑在加工高自我相关的刺激时会投入更多的认知和控制加工资源，所以在加工高自我相关的刺激时会诱发更大的 P3 波幅(钟毅平 等, 2018)。由于行为结果表明网络游戏中的虚拟化身与自我的亲密度更高，所以个体对化身相关的信息会投入更多的认知资源。加工程度会更加精细和深入。以往有研究发现与自我不同熟悉程度的刺激会诱发不同的 P3 波幅，但是本研究中化身与本国他人和外国他人的熟悉程度并不存在显著差异，所以不同程度的 P3 波幅可能仅仅反映出了不同刺激与自我的相关程度(Fan et al., 2013; 钟毅平 等, 2014)。化身能够诱发更大的 P3 波幅说明，相比较他人，化身在大脑的晚期加工中具有优势地位。

本研究采用 R/K 范式和事件相关电位技术从记忆结果和加工时间进程两个方面考察网络游戏中化身参照的加工优势，证实网络游戏中与自我高度相关的化身具有记忆和认知神经加工的优势的同时，也为自我扩展理论和化身−自我关联性模型提供了实证依据。以往关于高自我相关信息加工优势的研究有很多，但都是基于现实生活中的自我相关信息，比如父母(杨群 等, 2019)、朋友(周爱保 等, 2015)等，对虚拟的网络环境中的自我相关信息的加工机制探讨较少。本研究结合互联网时代背景，将自我相关信息的记忆加工优势从现实生活中的自我相关信息拓展到了网络虚拟环境中，通过两项实验研究证实了网络游戏化身作为虚拟环境中的高自我相关信息也具有和现实自我相关信息一致的记忆加工优势，表现出更好的记忆加工成绩。

不仅如此，以往关于虚拟化身与自我之间关系的研究大多停留在理论层面的描述，并且提出了线下/线上自我模型(Attrill & Jalil, 2011)、普罗透斯效应(Yee et al., 2009)和化身−自我关联性模型(Ratan & Dawson, 2016)等理论模型，但缺乏实证研究来探讨化身与个体之间的关系。本研究基于自我参照效应的研究范式，验证了化身参照与自我参照的记

忆加工优势。不仅如此，研究还通过事件相关电位考察了化身参照在加工时间进程方面的优势，同时从加工结果层面和加工过程层面证实了网络游戏化身参照的加工优势。这些结果为自我扩展理论和化身-自我关联性模型提供了实证依据。

综上所述，本研究将传统自我相关信息的加工优势拓展到了网络虚拟环境中，还通过实验弥补了以往网络游戏化身与自我研究领域缺乏实证研究的缺憾，证实网络游戏中化身参照具有加工优势的同时，也为自我扩展理论和化身-自我关联性模型提供了证据。研究还通过 ERPs 技术从认知神经层面解释了化身参照的加工过程优势，表明大脑在加工化身时投入了更多的认知资源，进行了更精细和深入地加工，因此化身具有更好的加工成绩。不仅验证了化身参照的加工优势，还通过加工时程指标解释了出现加工优势的原因。这种差异并不是因为熟悉度的差异，而是由各种刺激与自我的亲密度和相关程度引起(钟毅平　等, 2014)。

本研究也存在一些不足：首先，本研究选用的被试仅仅局限于使用《英雄联盟》这一款多人在线竞争游戏的玩家。网络游戏其实分为多种类型，包括休闲类、对战类、扮演类和功能性等。不同游戏的类型可能导致被试的临场感、情感卷入程度以及对化身的定制或操控程度不同(Huang et al., 2017)，以后的研究可以对不同类型游戏中玩家使用的化身与自我的相关程度及它们的加工优势进行探讨。其次，本研究只考察了化身与现实中的他人的认知加工差异，以后的研究可以探讨不同熟悉度的化身间是否存在认知加工差异。最后，本研究只是尝试性地探讨网络世界中的高自我相关信息的加工优势，期待以后的研究能够将本研究的结论拓展到更多的其它的网络高自我相关信息中。

5　结论

本研究得到以下结论：(1)参照条件为化身名字时的总再认正确率、R 反应再认正确率和辨别力 d' 都显著优于参照熟悉他人的名字，初步证实存在网络游戏中化身参照的记忆加工优势；(2)加工化身名字比外国熟悉他人名字诱发更大的 P2 (160~260 ms)波幅；(3)加工化身名字比本国和外国熟悉他人名字诱发更大的 P3 (370~600 ms)波幅，比外国熟悉他人名字的 P3 潜伏期更短。结果表明，相比较其他信息，玩家不仅能够迅速注意到化身相关信息，还对化身相关信息进行了更加精细和深入地加工。综上所述，无论是记忆结果还是加工时间进程，都存在网络游戏中的化身参照加工优势。

参　考　文　献

Aron, A., & Aron, E. N. (2010). Rusbult's investment model and the expansion of the self-expansion model. *Personal Relationships*, *17*(2), 152–154.

Aron, A., Aron, E. N., & Smollan, D. (1992). Inclusion of other in the self-scale and the structure of interpersonal closeness. *Journal of Personality and Social Psychology*, *63*(4), 596–612.

Attrill, A., & Jalil, R. (2011). Revealing only the superficial me: Exploring categorical self-disclosure online. *Computers in Human Behavior*, *27*(5), 1634–1642.

Bargh, J. A., & Chartrand, T. L. (2000). The mind in the middle: A practical guide to priming and automaticity research. In H. T. Reis & C. M. Judd (Eds.), *Handbook of research methods in social and personality psychology* (pp. 253–285). New York, USA: Cambridge University Press.

Bennett, M., Allan, S., Anderson, J., & Asker, N. (2010). On the robustness of the group reference effect. *European Journal of Social Psychology*, *40*(2), 349–354.

Campanella, S., Gaspard, C., Debatisse, D., Bruyer, R., Crommelinck, M., & Guerit, J. M. (2002). Discrimination of emotional facial expressions in a visual oddball task: An ERP study. *Biological Psychology*, *59*(3), 171–186.

Caudek, C. (2014). Individual differences in cognitive control on self-referenced and other-referenced memory. *Consciousness and Cognition*, *30*, 169–183.

Chen, B. G., & Peng, D. L. (2001). The time course of graphic, phonological and semantic information processing in Chinese character recognition (Ⅰ). *Acta Psychologica Sinica*, *33*(1), 1–6.

[陈宝国, 彭聆龄. (2001). 汉字识别中形音义激活时间进程的研究(Ⅰ). *心理学报*, *33*(1), 1–6.]

Chen, J., Yuan, J., Feng, T., Chen, A., Gu, B., & Li, H. (2011). Temporal features of the degree effect in self-relevance: Neural correlates. *Biological Psychology*, *87*(2), 290–295.

Chen, J., Zhong, J., Zhang, Y., Li, P., Zhang, A., Tan, Q., & Li, H. (2012). Electrophysiological correlates of processing facial attractiveness and its influence on cooperative behavior. *Neuroscience Letters*, *517*(2), 65–70.

Chen, L. (2014). *Study on virtual self and self-discrepancy between the virtual and real self in adolescence* (Unpublished doctorial dissertation). Jiangxi Normal University, Nanchang, China.

[陈莉. (2014). *青少年网络虚拟自我及其与现实自我差异的研究* (博士论文). 江西师范大学, 南昌.]

Chen, L., & Chen, M. R. (2017). The virtual self-reference effect based on the depth of processing and the incidental encoding research paradigms. *Psychological Exploration*, *37*(01), 59–64.

[陈莉, 陈美荣. (2017). 加工深度范式和随意编码范式下的网络虚拟自我参照效应研究. *心理学探新*, *37*(01), 59–64.]

China Internet Network Information Center (CNNIC). (2020). *The 46th statistical report on the development of China's Internet*. Retrieved September 29, 2020 from http://www.cnnic.net.cn/hlwfzyj/hlwxzbg/hlwtjbg/202009/P020200929546215182514.pdf

[中国互联网络信息中心. (2020). *第 46 次中国互联网络发展状况统计报告*. 2020-09-29 取自 http://www.cnnic.net.cn/hlwfzyj/hlwxzbg/hlwtjbg/202009/P0202009295462151 8

2514.pdf

Ding, X. B., Liu, J. Y., Wang, Y. P., Kang, T. J., & Dang, C. (2020). The automatic processing of changes in emotion: Implications from EMMN. *Advances in Psychological Science*, *28*(1), 85–97.

[丁小斌, 刘建邑, 王亚鹏, 康铁君, 党宸. (2020). 情绪变化的自动化加工：来自 EMMN 的启示. *心理科学进展*, *28*(1), 85–97.]

Doallo, S., Cadaveira, F., & Rodríguez Holguín, S. (2007). Time course of attentional modulations on automatic emotional processing. *Neuroscience Letters*, *418*(1), 111–116.

Dunn, R. A., & Guadagno, R. E. (2012). My avatar and me: Gender and personality predictors of avatar-self discrepancy. *Computers in Human Behavior*, *28*(1), 97–106.

Fan, W., Chen, J., Wang, X-Y., Cai, R., Tan, Q., Chen, Y., … Zhong, Y. (2013). Electrophysiological correlation of the degree of self-reference effect. *Plos One*, *8*(12), e80289.

Fan, W., Zhang, Y., Wang, X., Wang, X., Zhang, X., & Zhong, Y. (2011). The temporal features of self-referential processing evoked by national flag. *Neuroscience Letters*, *505*(3), 233–237.

Fan, W., Zhong, Y., Li, J., Yang, Z., Zhan, Y., Cai, R., & Fu, X. (2016). Negative emotion weakens the degree of self-reference effect: Evidence from ERPs. *Frontiers in Psychology*, *7*, 1408.

Fan, W., Zhong, Y. P., Yang, Z. L., Li, J., Ouyang, Y., Cai, R., … FU, X. (2016). The degree of self-reference effect of extroversion individuals. *Acta Psychologica Sinica*, *48*(08), 1002–1012.

[范伟, 钟毅平, 杨子鹿, 李琎, 欧阳益, 蔡荣华, … 傅小兰. (2016). 外倾个体的自我参照加工程度效应. *心理学报*, *48*(08), 1002–1012.]

Fullwood, C., James, B. M., & Chen-Wilson, C. J. (2016). Self-concept clarity and online self-presentation in adolescents. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, *19*(12), 716–720.

Ganesh, S., van Schie, H. T., de Lange, F. P., Thompson, E., & Wigboldus, D. H. J. (2012). How the human brain goes virtual: Distinct cortical regions of the person-processing network are involved in self-identification with virtual agents. *Cerebral Cortex*, *22*(7), 1577–1585.

Gao, H., Li, Y. Z., Hu D., Zhu M., Gao X. P., & Hu T. Y. (2018). Cognitive advantage for self-information: Evidence from the orienting network of attention. *Acta Psychologica Sinica*, *50*(12), 1356–1368.

[高虹, 李杨卓, 胡蝶, 朱敏, 高湘萍, 胡天翊. (2018). 自我信息识别优势——来自注意定向网络的证据. *心理学报*, *50*(12), 1356–1368.]

Green, C. S., & Bavelier, D. (2015). Action video game training for cognitive enhancement. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *4*, 103–108.

Heng, S. P., Zhou, Z. K., & Sun, L. J. (2017). The avatar identification in video games. *Advances in Psychological Science*, *25*(9), 1565–1578.

[衡书鹏, 周宗奎, 孙丽君. (2017). 视频游戏中的化身认同. *心理科学进展*, *25*(9), 1565–1578.]

Huang, H., Huang, L., Chou, Y., & Teng, C. (2017). Influence of temperament and character on online gamer loyalty: Perspectives from personality and flow theories. *Computers in Human Behavior*, *70*, 398–406.

Huang, W. J., Chen, W. W., & Zhang, X. (2015). The neurophysiology of P300-an integrated review. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, *19*(8), 1480–1488.

Jiang, Q., Wang, Q., Li, P., & Li, H. (2016). The neural correlates underlying belief reasoning for self and for others: Evidence from ERPs. *Frontiers in Psychology*, *7*, 1501.

Karayanidis, F., & Michie, P. T. (1996). Frontal processing negativity in a visual selective attention task. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *99*(1), 38–56.

Klein, S. B. (2012). Self, memory, and the self-reference effect: An examination of conceptual and methodological issues. *Personality and Social Psychology Review*, *16*(3), 283–300.

Liu, M. H., Zhang, M., & Sui, J. (2014). Self-related information modulates global advantage effect in visual selection. *Acta Psychologica Sinica*, *46*(3), 312–320.

[刘明慧, 张明, 隋洁. (2014). 自我信息对知觉选择中整体优先性的调控作用. *心理学报*, *46*(3), 312–320.]

Liu, X. M., & Zhu, Y. (2002). A review of the self-reference effect research. *Advances in Psychological Science*, *10*(2), 121–126.

[刘新明, 朱滢. (2002). 记忆的自我参照效应. *心理科学进展*, *10*(2), 121–126.]

Liu, Y. (1990). *The modern Chinese vocabulary word frequency dictionary*. Beijing: Aerospace Press.

[刘源. (1990). *现代汉语常用词词频词典/音序部分*. 北京: 宇航出版社.]

Liu, Y., Rosburg, T., Gao, C., Weber, C., & Guo, C. (2017). Differentiation of subsequent memory effects between retrieval practice and elaborative study. *Biological Psychology*, *127*, 134–147.

Mancini, T., Imperato, C., & Sibilla, F. (2019). Does avatar's character and emotional bond expose to gaming addiction? Two studies on virtual self-discrepancy, avatar identification and gaming addiction in massively multiplayer online role-playing game players. *Computers in Human Behavior*, *92*, 297–305.

Muñoz, F., & Martín-Loeches, M. (2015). Electrophysiological brain dynamics during the esthetic judgment of human bodies and faces. *Brain Research*, *1594*, 154–164.

Nash, A. J., & Fernandez, M. (1996). P300 and allocation of attention in dual-tasks. *International Journal of Psychophysiology*, *23*(3), 171–180.

Peña, J., Hancock, J. T., & Merola, N. A. (2009). The priming effects of avatars in virtual settings. *Communication Research*, *36*(6), 838–856.

Ratan, R. A., & Dawson, M. (2016). When mii is me: A psychophysiological examination of avatar self-relevance? *Communication Research*, *43*(8), 1065–1093.

Rogers, T. B., Kuiper, N. A., & Kirker, W. S. (1977). Self-reference and the encoding of personal information. *Journal of Personality and Social Psychology*, *35*(9), 677–688.

Seo, Y., Kim, M., Jung, Y., & Lee, D. (2017). Avatar face recognition and self-presence. *Computers in Human Behavior*, *69*, 120–127.

Sibilla, F., & Mancini, T. (2018). I am (not) my avatar: A review of the user-avatar relationships in massively multiplayer online worlds. *Cyberpsychology: Journal of Psychosocial Research on Cyberspace*, *12*(3), article 4. https://doi.org/10.5817/CP2018-3-4

Snyder, E., & Hillyard, S. A. (1976). Long-latency evoked potentials to irrelevant, deviant stimuli. *Behavioral Biology*, *16*(3), 319–331.

Sui, J., & Humphreys, G. W. (2017). Aging enhances cognitive biases to friends but not the self. *Psychonomic Bulletin & Review*, *24*(6), 2021–2030.

Sui, J., Zhu, Y., & Chiu, C. (2007). Bicultural mind, self-construal, and self- and mother-reference effects: Consequences of cultural priming on recognition memory. *Journal of Experimental Social Psychology*, *43*(5), 818–824.

Thorpe, S., Fize, D., & Marlot, C. (1996). Speed of processing in the human visual system. *Nature*, *381*(6582), 520–522.

Wei, H., Zhou, Z. K., Niu, G. F., & He, C. (2014). The relationship between customization, character attachment and loyalty in online games. *Journal of Psychological Science*, *37*(2), 420–424.

[魏华, 周宗奎, 牛更枫, 何灿. (2014). 定制、角色依恋和网络游戏忠诚的关系研究. *心理科学*, *37*(2), 420–424.]

Wisco, B. E. (2009). Depressive cognition: Self-reference and depth of processing. *Clinical Psychology Review*, *29*(4), 382–392.

Wiswede, D., Rüsseler, J., & Münte, T. F. (2007). Serial position effects in free memory recall: An ERP-study. *Biological Psychology*, *75*(2), 185–193.

Xiao, Y. X. (2015). P300 and cognitive process: Method, mechanism and application. *China Journal of Health Psychology*, *23*(9), 1425–1430.

[肖英霞. (2015). P300 与认知加工:方法、机制和应用. *中国健康心理学杂志*, *23*(9), 1425–1430.]

Yang, H. S., Wang, F., Gu, N. J., & Huang, X. T. (2012). Processing priority for self-related information: Evidence from visual search of screen names. *Acta Psychologica Sinica*, *44*(4), 489–497.

[杨红升, 王芳, 顾念君, 黄希庭. (2012). 自我相关信息的加工优势：来自网名识别的证据. *心理学报*, *44*(4), 489–497.]

Yang, H. S., & Zhu, Y. (2004). The self and retrieval-induced forgetting. *Acta Psychologica Sinica*, *36*(2), 154–159.

[杨红升, 朱滢. (2004). 自我与提取诱发遗忘现象. *心理学报*, *36*(2), 154–159.]

Yang, Q., Feng, Y. R., & Zhang, J. J. (2019). The language and cultural differences of father-reference processing: Based on the retrieval-induced forgetting. *Acta Psychologica Sinica*, *51*(3), 304–315.

[杨群, 冯意然, 张积家. (2019). 父亲参照效应的语言与文化差异：来自提取诱发遗忘的证据. *心理学报*, *51*(3), 304–315.]

Yee, N., & Bailenson, J. (2007). The proteus effect: The effect of transformed self-representation on behavior. *Human Communication Research*, *33*(3), 271–290.

Yee, N., Bailenson, J. N., & Ducheneaut, N. (2009). The proteus effect: Implications of transformed digital self-representation on online and offline behavior. *Communication Research*, *36*(2), 285–312.

Yuan, J., Zhang, Q., Chen, A., Li, H., Wang, Q., Zhuang, Z., & Jia, S. (2007). Are we sensitive to valence differences in emotionally negative stimuli? Electrophysiological evidence from an ERP study. *Neuropsychologia*, *45*(12), 2764–2771.

Zhao, K., Wu, Q., Zimmer, H. D., & Fu, X. (2011). Electrophysiological correlates of visually processing subject's own name. *Neuroscience Letters*, *491*(2), 143–147.

Zhong, Y. P., Fan, W., Cai, R. H., Tan, Q. B., Xiao, L. H., Zhan, Y. L., … Qin, M. H. (2014). The influence of positive emotion on the degree effect in self-referential processes: Evidence from ERPs. *Acta Psychologica Sinica*, *46*(3), 341–352.

[钟毅平, 范伟, 蔡荣华, 谭千保, 肖丽辉, 占友龙, … 秦敏辉. (2014). 正性情绪诱导下的自我参照加工: 来自 ERPs 的证据. *心理学报*, *46*(3), 341–352.]

Zhong, Y. P., Yin, H. N., Wang, S. H., Fan, W., Zhan, Y. L., & Cai, R. H. (2018). The self-reference processing of cognitive vulnerability of depression individuals: Evidence from ERPs. *Chinese Science Bulletin*, *63*(20), 2026–2035.

[钟毅平, 尹浩楠, 王双红, 范伟, 占友龙, 蔡荣华. (2018). 抑郁认知易感个体的自我参照加工: 来自 ERPs 的证据. *科学通报*, *63*(20), 2026–2035.]

Zhou, A. B., Liu, P. R., Zhang, Y. C., & Yin, Y. L. (2015). Friend-reference effect in older adults. *Acta Psychologica Sinica*, *47*(9), 1143–1151.

[周爱保, 刘沛汝, 张彦驰, 尹玉龙. (2015). 老年人的朋友参照效应. *心理学报*, *47*(9), 1143–1151.]

Zhou, L., & Su, Y. J. (2008). The role of genuine intimacy in the lover-reference effect. *Acta Psychologica Sinica*, *40*(4), 487–495.

[周丽, 苏彦捷. (2008). 实际亲密度对恋人参照效应的影响. *心理学报*, *40*(4), 487–495.]

Processing priority for avatar reference in online games: Evidence from behavioral and ERPs studies

CAO Min[1], XIE Heping[2], SUN Lijun[3], ZHANG Dongjing[4], KONG Fanchang[1], ZHOU Zongkui[1]

([1] *Key Laboratory of Adolescent Cyberpsychology and Behavior* (*CCNU*), *Ministry of Education*; *School of Psychology, Central China Normal University, Wuhan* 430079, *China*)

([2] *School of Psychology, Nanjing Normal University, Nanjing* 210097, *China*)

([3] *School of Psychology, Xinxiang Medical University, Xinxiang* 453003, *China*)

([4] *School of Marxism, HuaZhong University of Science and Technology, Wuhan* 430079, *China*)

Abstract

As one of the ways to present oneself in virtual environments, avatars in online games exert an important influence on players' cognition and behavior in both virtual and real life. The self-reference effect suggests that materials related to oneself are easier to remember than materials related to others. Due to the manipulability and high emotional involvement of avatars, players may feel close to their avatars and can sometimes even be

integrated with them. Therefore, for game players, avatar-related information may have the same processing priority as self-related information. In the current study, we designed two experiments to investigate the processing priority of avatars in online games.

Experiment 1 recruited 40 players of League of Legends (LOL) to investigate the processing priority of avatar reference in online games from the perspective of memory. This experiment adopted the R/K paradigm to compare memory performance under three different reference conditions (avatar-name, self-name and familiar other's name). Experiment 2 recruited 20 players of LOL to investigate the processing priority of avatar-related information in online games from the perspective of neural mechanisms, with event related potential (ERP) technology. This experiment adopted the oddball paradigm to compare the brain mechanisms of three kinds of stimulations (the names of familiar avatar, familiar other from the same country and familiar other from other country).

Results of behavioral experiment (Experiment 1) showed that: (1) The total recognition rate, R response recognition rate, and discrimination *d′* in the avatar-reference condition were much better than those in the other-reference condition, which preliminarily suggests that there were memory processing priorities of avatar reference in online games. (2) When referring to self-reference, the total recognition rate, response recognition rate, and discrimination *d′* were much better than those in the conditions of the avatar-reference and other-reference. In summary, the preliminary results of Experiment 1 confirmed the superiority of avatar reference in memory performance, but the avatar-reference effect was not as strong as the self-reference effect. Results of ERP (Experiment 2) showed that in the P2 (160~260 ms) processing stage, greater amplitude was induced when processing the name of the avatar than that of familiar others from a different country. In terms of P3 (370~600 ms), greater amplitude was induced when processing the name of the avatar than the names of familiar others from the same country and other country. Moreover, compared with processing the names of familiar others from other countries, the latency was shorter when processing the avatar's name.

Both behavioral and ERPs results indicate that there exists processing priority of avatar-reference effect in both memory and neural mechanisms. Specifically, compared with familiar others, online game players have processing priority for information related to avatars. The present study expands the theory of reference effect and provides evidence for the processing priority of the avatar-reference in online games from cognitive neuroscience.

Key words online games, avatar reference, processing priority, ERPs